

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

PCT/JP 2004/013144

13. 9. 2004

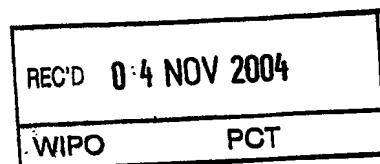
別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application: 2 0 0 3 年 9 月 1 0 日

出 願 番 号
Application Number: 特 願 2 0 0 3 - 3 1 8 3 1 2
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 3 1 8 3 1 2]

出 願 人
Applicant(s): 三 菱 重 工 業 株 式 会 社



Best Available Copy

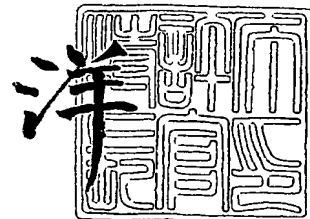
CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2 0 0 4 年 1 0 月 2 1 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小 川



出証番号 出証特 2 0 0 4 - 3 0 9 4 8 9 8

【書類名】 特許願
【整理番号】 200300565
【提出日】 平成15年 9月10日
【あて先】 特許庁長官 殿
【国際特許分類】 H02P 1/00
【発明者】
 【住所又は居所】 長崎県長崎市深堀町五丁目 7 1 7 番 1 号 三菱重工業株式会社
 長崎研究所内
 【氏名】 井手 和成
【発明者】
 【住所又は居所】 長崎県長崎市深堀町五丁目 7 1 7 番 1 号 三菱重工業株式会社
 長崎研究所内
 【氏名】 林 義之
【発明者】
 【住所又は居所】 長崎県長崎市飽の浦町 1 番 1 号 三菱重工業株式会社 長崎造船
 所内
 【氏名】 柴田 昌明
【特許出願人】
 【識別番号】 000006208
 【氏名又は名称】 三菱重工業株式会社
【代理人】
 【識別番号】 100112737
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 藤田 考晴
【選任した代理人】
 【識別番号】 100089163
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 田中 重光
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 220022
 【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
 【物件名】 特許請求の範囲 1
 【物件名】 明細書 1
 【物件名】 図面 1
 【物件名】 要約書 1

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項 1】**

複数枚のブレードを有する風力発電装置に用いられるブレードピッチ角度制御装置であって、

前記ブレードの荷重変動に影響を及ぼす所定のパラメータ、アジマス角度、及びピッチ角度指令値が互いに関連付けられて格納されている記憶手段と、

前記ブレード毎のアジマス角度を検出するアジマス角度検出手段と、

前記所定のパラメータを検出するパラメータ検出手段と、

前記アジマス角度検出手段によって検出された前記ブレード毎のアジマス角度と前記パラメータ検出手段によって検出された所定のパラメータとによって選定されるピッチ角度指令値を前記ブレード毎にそれぞれ前記記憶手段から取得する指令値取得手段と、

前記指令値取得手段によって取得された前記ピッチ角度指令値と前記風力発電装置の出力情報により求められる各ブレード共通の共通ピッチ角度指令値とに基づいて、前記ブレードのピッチ角度を個別に制御するためのピッチ角度制御指令値を生成するピッチ角度制御指令値生成手段と

を具備することを特徴とするブレードピッチ角度制御装置。

【請求項 2】

前記記憶手段に格納されている前記ピッチ角度指令値は、前記風力発電装置の設置場所におけるウィンドシア特性が反映された値に設定されていることを特徴とする請求項 1 に記載のブレードピッチ角度制御装置。

【請求項 3】

前記所定のパラメータは風速であり、

前記パラメータ検出手段は、風速と前記風力発電装置の出力とが関連付けられている特性テーブルを有し、前記風力発電装置の出力に対応する風速を前記特性テーブルから読み出すことにより、風速を推定する風速推定手段であることを特徴とする請求項 1 から請求項 3 のいずれかの項に記載のブレードピッチ角度制御装置。

【請求項 4】

前記風力発電装置の発電出力、発電機回転数、又はロータ回転数のいずれかからブレード数の整数倍の周波数成分を抽出する周波数成分抽出手段と、

抽出した該周波数成分に基づいて、その周波数変動による荷重変動を除去するためのピッチ角度を演算する演算手段と

を更に備え、

前記ピッチ角度制御指令値生成手段は、前記演算手段によって演算されたピッチ角度を前記ピッチ角度制御指令値に反映させる

ことを特徴とする請求項 1 から請求項 3 のいずれかの項に記載のブレードピッチ角度制御装置。

【請求項 5】

請求項 1 から請求項 4 のいずれかの項に記載のブレードピッチ角度制御装置を備えた風力発電装置。

【書類名】明細書

【発明の名称】ブレードピッチ角度制御装置及び風力発電装置

【技術分野】

【0001】

本発明は、風力発電装置に関し、特に風車のブレードピッチ角度を制御するブレードピッチ角度制御装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来、風力発電装置に使用されるプロペラ型風車は、図10に外觀図を示すように複数枚（通常は3枚なので、以下3枚のブレードとして説明する）のブレードからなり、風況に応じて所定の回転速度と出力を得るようにブレードピッチ角度を制御している。

ブレードピッチ角度制御のための駆動部は、油圧シリンダまたは電動モータによって駆動されるが、リンク機構により3枚のモータブレードが連結されており、3枚のブレードは、図11に示すように回転速度及び出力の設定値と現在の制御量との差から共通制御信号を生成し、各ブレードが常に同一のピッチになるように制御される。

しかしながら、風車への流入風速は、図12に示すように地表の影響（同図(a)参照）及び風車を支持するタワーの影響（同図(b)参照）によりブレード旋回領域で一様の風速分布（同図(c)参照）ではないため、各ブレードの空力出力の瞬時値が異なる。なお、上記地表の影響による風速特性をウィンドシア特性、タワーの影響による風速特性をタワー特性と呼ぶ。

そして、上記空力出力の瞬時値のアンバランスにより風車は3枚のブレードの場合、回転速度の3倍の周波数の出力変動を生じてしまう。更に、各ブレードに生じる推力やモーメントも異なることから、各ブレードにより荷重変動が異なり、寿命短縮が生じるといった問題があった。

このような問題に対し、各ブレードに流入する風の迎角や、荷重を計測し、これらの値に基づいて各ブレードの制御を個別に調整する発明がある（特許文献1）。

【0003】

【特許文献1】特開2001-511597号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、上記特許文献1の発明では、各ブレードに対して複数の風力センサやひずみゲージを設ける必要がある。また、これらのセンサは、高い信頼性が要求されるが、高精度なセンサは高価であるため、コストがかかるという問題があった。

例えば、従来はブレードの後流に風速計を設置して風速を計測していたが、ブレードの回転による風速変動の影響を受けるため、正確な風速を検出することができなかった。

また、上記発明によれば、複数のセンサからの検出値に基づき瞬時荷重を算出し、ピッチ角度の制御を行わなければならないため、全体の処理が煩雑になるといった問題があった。更に、処理が複雑化することにより、フィードバックの時間遅れが増大し、リアルタイムにピッチ角度の制御を行うことができないといった問題があった。

【0005】

本発明は、上記問題を解決するためになされたもので、ピッチ角度の制御を高精度で行うことができ、風力発電装置に生ずる荷重変動の更なる低減を低コストにより実現することができるブレードピッチ角度制御装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記課題を解決するために、本発明は以下の手段を採用する。

【0007】

即ち、請求項1に記載された発明は、複数枚のブレードを有する風力発電装置に用いられるブレードピッチ角度制御装置であって、前記ブレードの荷重変動に影響を及ぼす所定の

パラメータ、アジマス角度、及びピッチ角度指令値が互いに関連付けられて格納されている記憶手段と、前記ブレード毎のアジマス角度を検出するアジマス角度検出手段と、前記所定のパラメータを検出するパラメータ検出手段と、前記アジマス角度検出手段によって検出された前記ブレード毎のアジマス角度と前記パラメータ検出手段によって検出された所定のパラメータとによって選定されるピッチ角度指令値を前記ブレード毎にそれぞれ前記記憶手段から取得する指令値取得手段と、前記指令値取得手段によって取得された前記ピッチ角度指令値と前記風力発電装置の出力情報により求められる各ブレード共通の共通ピッチ角度指令値とに基づいて、前記ブレードのピッチ角度を個別に制御するためのピッチ角度制御指令値を生成するピッチ角度制御指令値生成手段とを具備することを特徴とする。

【0008】

従来、センサにより得られた検出値に基づき、算出処理等によってピッチ角度指令値を求めていた。即ち、ピッチ角度をより精密に制御させるためには、多くのパラメータを考慮するのが好ましいが、パラメータが増えれば増えるほど処理が煩雑になり、処理時間も長くなる。また、処理時間が長くなれば、フィードバック制御に係る遅れ時間が増加するため、精度よく制御が行えない。

これに対して、記憶手段には、ブレードの荷重変動に影響を及ぼす各種パラメータを考慮に入れた最適なピッチ角度指令値が予め格納されている。

そして、制御時においては、指令値取得手段が、各種パラメータによって選定される最適なピッチ角度指令値を記憶手段から読み出す。これにより、ブレードの荷重変動を算出するための処理等を一切行うことなく、記憶手段からピッチ角度指令値を読み出す処理だけで、風車の運転状況に最適なピッチ角度制御を得ることができる。

制御指令値生成手段は、風力発電装置の発電出力をフィードバック制御するために生成される各ブレード共通のピッチ角度指令値である共通制御指令値に、指令値取得手段によって取得された風車の運転状況を考慮して求められた最適なピッチ角度指令値を反映させ、各ブレードのブレードピッチ角を制御するための制御指令値を個別に生成する。これにより、風力発電装置の出力変動及び運転状況を考慮にいれた最適なピッチ角度に各ブレードを制御することができる。

【0009】

また、請求項2に記載の発明は、請求項1に記載のブレードピッチ角度制御装置において、前記記憶手段に格納されている前記ピッチ角度指令値は、前記風力発電装置の設置場所におけるウィンドシア特性が反映された値に設定されていることを特徴とする。

【0010】

風速、空気密度、風力発電装置の出力等はその時々に応じて動的に変化するものであるが、ウィンドシアは、風力発電装置が設置されている立地条件により一様に決まるものである。

このように、記憶手段に格納されている情報は、動的に変化するパラメータだけではなく、立地条件に応じて一様に決定されるウィンドシアなどの情報をも考慮されているため、非常に高精度なピッチ角度の制御を行うことができる。

【0011】

また、請求項3に記載の発明は、請求項1又は請求項2に記載のブレードピッチ角度制御装置において、前記所定のパラメータは風速であり、前記パラメータ検出手段は、風速と前記風力発電装置の出力とが関連付けられている特性テーブルを有し、前記風力発電装置の出力に対応する風速を前記特性テーブルから読み出すことにより、風速を推定する風速推定手段であることを特徴とする。

【0012】

風速は、ピッチ角度指令値を選定するために必要となる重要なパラメータの一つである。従って、荷重変動や出力変動を正確に低減できるか否かは、風速の検出精度に大きく依存するため、風速は高精度で検出しなければならない。

しかしながら、風速計を風車の後流に設けることにより風速を計測する従来のやり方で

は、ブレードの回転による風速変動の影響をまともに受けてしまい、風速を正確に計測するのが困難であった。

これに対し、風速検出手段は、物理的に風速を計るのではなく、風速と密接な関係を持つ風力発電装置の出力に基づいて、ソフトウェア上の簡単な処理により風速を求める。これにより、極めて正確な風速を得ることができ、更に、コストを抑えることができる。

なお、本発明の風速推定手段に代えて、風車に流入する前で風速を計測する風速計(例えばレーザードップラー風速計)を用いてもよい。これによれば、ブレードの後流の影響を受けないので、高精度の風速を得ることができる。

レーザードップラー風速計を用いる場合、トレーサ粒子を風車の上流側から風車に向けて流す手段を設ける。あるいは、風車に流入する空気に混入している埃や水蒸気をトレーサとして用いて、埃や水蒸気からの散乱光を得てレーザードップラーによる計測を行っても良い。これによれば、別途トレーサ粒子を流す手段を設ける必要がない。

【0013】

また、請求項4に記載の発明は、請求項1から請求項3のいずれかの項に記載のブレードピッチ角度制御装置において、前記風力発電装置の発電出力、発電機回転数、又はロータ回転数のいずれかからブレード数の整数倍の周波数成分を抽出する周波数成分抽出手段と、抽出した該周波数成分に基づいて、その周波数変動による荷重変動を除去するためのピッチ角度を演算する演算手段とを更に備え、前記ピッチ角度制御指令値生成手段は、前記演算手段によって演算されたピッチ角度を前記ピッチ角度制御指令値に反映させることを特徴とする。

【0014】

風速等の各種パラメータの変動を考慮してピッチ角度制御値を求めたとしても、誤差やフィードバック制御による時間遅れなどにより、荷重変動や発電出力変動を完全に除去することは難しい。

一方、出力変動は、ブレードの枚数に応じた周波数帯域に顕著に現れることがわかっている。従って、このような顕著に現れる出力変動を除去するためのピッチ角度を求め、これをブレードピッチ角度制御指令値に反映させることにより、更なる出力変動の低減化を図ることができる。

即ち、周波数成分抽出手段は、固定速風車を用いる風力発電装置にあっては、風力発電装置の出力からブレードの整数倍の周波数成分を抽出する。一方、可変速風車を用いる風力発電装置にあっては、発電機回転数又はロータ回転数からブレードの整数倍の周波数成分を抽出する。

演算手段は、例えば、周波数成分抽出手段によって抽出された周波数成分を所定のアルゴリズムによって演算することにより周波数領域の変動ピッチ角度を演算し、更にこの変動ピッチ角度を逆周波数解析して時間領域の変動ピッチ角度を得る。

この結果得られる変動ピッチ角度は、顕著な荷重変動を除去するためのピッチ角度となる。

そして、ピッチ角度制御指令値生成手段は、この顕著な出力変動を打ち消すためのピッチ角度をピッチ角度制御指令値に反映させる。

これにより、顕著な出力変動のみをピンポイントで除去することができ、発電出力をフラットに維持することができる。

【0015】

また、請求項5に記載の発明に係る風力発電装置は、請求項1から請求項4のいずれかの項に記載のブレードピッチ角度制御装置を備えたことを特徴とする。

【発明の効果】

【0016】

本発明のブレードピッチ角度制御装置によれば、従来のようにセンサから通知される各種パラメータに応じて荷重変動などを算出するといった煩雑な処理が不要となり、処理の軽減、及び迅速化を図ることができる。

この結果、風力発電装置の運転状況の動的変化に迅速に対応でき、更なる荷重変動の低

減を実現できる。

また、本発明のブレードピッチ角度制御装置によれば、上記各種パラメータは既存のセンサによって検出されるため、新たに高精度センサを設ける必要がなく、低コストで荷重変動の低減を実現することができる。

また、本発明のブレードピッチ角度制御装置によれば、風力発電装置の出力に基づいて風速を検出するため、従来のようにブレードの回転による風速変動の影響を受けずに、正確な風速を簡単な処理により検出することができる。

また、本発明のブレードピッチ角度制御装置によれば、顕著に現れる発電出力変動をピンポイントで除去できるため、より安定した発電出力を得ることができる。

また、本発明の風力発電装置によれば、従来のようにセンサから通知される各種パラメータに応じて荷重などを算出するといった煩雑な処理が不要となり、処理の軽減、及び迅速化を図ることができる。この結果、風力発電装置の運転状況の動的变化に迅速に対応でき、更なる荷重変動の低減を実現でき、各ブレードの寿命を長く保つことができる。また、安定した発電出力を得ることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0017】

以下に、本発明にかかる実施形態について、図面を参照して説明する。

<第1の実施形態>

図1は、固定速風車を用いる風力発電装置に適用されるブレードピッチ角度制御装置の構成を示すブロック図である。

同図において、符号10は、風速、温度、前記風力発電装置の出力等のブレードの荷重変動に影響を及ぼす所定のパラメータと、アジマス角度と、ピッチ角度指令値とが互いに関連付けられて格納されている記憶部（記憶手段）である。

ここで、アジマス角度とは、図2に示すように、風車の鉛直方向となす角をいい、ブレードが風車の最上部に位置したときのアジマス角度を 0° 、最下部に位置したときのアジマス角度を 180° とする。なお、記憶部10に格納されている内容の詳細については、後述する。

【0018】

符号11は、ブレード毎のアジマス角度を検出するアジマス角度検出部（アジマス角度検出手段）であり、所定の間隔で第1ブレード、第2ブレード、第3ブレードのアジマス角度をそれぞれ検出し、指令値取得部15へ出力する。例えば、アジマス角度は、回転軸に設けられたロータリーエンコーダの出力から求めることができる。

【0019】

符号12は、パラメータ検出部（パラメータ検出手段）であり、風速を検出する風速検出部（風速検出手段）121、空気密度を検出する空気密度検出部122、及び風力発電装置の出力を検出する風力発電装置出力検出部123から構成されている。

風速検出部121は、風速と風力発電装置の出力とが関連付けられている特性テーブル（図3参照）を内部に有している。そして、所定の間隔で風力発電装置出力検出部123から風力発電装置の出力を取得し、取得した出力に対応する風速を特性テーブルから読み出すことにより、風速を推定する。そして、推定した風速を指令値取得部15へ出力する。なお、このように風速を推定する手法に代えて風車に流入する前で風速を計測する風速計（例えばレーザードップラー風速計）を用いてもよい。これによれば、ブレードの後流の影響を受けないので、高精度の風速を得ることができる。

レーザードップラー風速計を用いる場合、トレーサ粒子を風車の上流側から風車に向けて流す手段を設ける。あるいは、風車に流入する空気に混入している埃や水蒸気をトレーサとして用いて、埃や水蒸気からの散乱光を得てレーザードップラーによる計測を行っても良い。これによれば、別途トレーサ粒子を流す手段を設ける必要がない。

空気密度検出部122は、気温、気圧を所定間隔で計測し、その計測値から空気密度、気温、気圧の特性に基づいて空気密度を求める。空気密度は、気温と気圧とにより一義的に決まるからである。例えば、空気密度検出部122は、予め気温、気圧及び空気密度が

関連付けられているマップを有し、気温、気圧の計測値により選定される空気密度をマップから得ることにより空気密度を求める。又は、気温、気圧及び空気密度の関係式を有しており、その関係式に気温及び気圧の計測値を入れることにより、空気密度を算出するようにしても良い。

【0020】

符号13は、指令値取得部（指令値取得手段）であり、上記アジマス角度検出部11から入力された各ブレードのアジマス角度と、パラメータ検出部12から入力された各種パラメータ（即ち、風速、空気密度、発電出力）とによって選定されるピッチ角度指令値を記憶部10から取得し、取得した各ブレード個別のピッチ角度指令値、即ち、第1ブレードピッチ角度指令値、第2ブレードピッチ角度指令値、第3ブレードピッチ角度指令値をそれぞれピッチ角度制御指令値生成部（ピッチ角度制御指令値生成手段）14へ出力する。

【0021】

一方、符号15は、共通ピッチ角度指令値生成部（共通ピッチ角度指令値生成手段）であり、発電機回転数（発電出力情報）又は、発電出力（発電出力情報）の設定値と現在の制御量との差から風力発電装置の発電出力が定格出力（設定値）に一致するように、第1から第3の3枚のブレードのピッチ角度を共通に制御するための共通ピッチ角度指令値を演算し、ピッチ角度制御指令値生成部14へ出力する。例えば、共通ピッチ角度指令値生成部15は、周知のPID制御系で構成されている。

【0022】

ピッチ角度制御指令値生成部14は、指令値取得部13から入力される各ピッチ角度指令値と共通ピッチ角度指令値生成部15から入力される共通ピッチ角度指令値とに基づいて、各ブレードのピッチ角度を個別に制御するためのピッチ角度制御指令値を生成する。具体的には、ピッチ角度指令値と共通ピッチ角度指令値とを加算することにより、ピッチ角度制御指令値を得る。そして、各ブレードに対応して個別に得られたピッチ角度制御指令値を各ブレードのピッチ角度を制御する機構である、アクチュエータへ出力する。なお、アクチュエータは、個々のブレードに装着されている油圧シリンダ、又は電動モータであり、周知の機構である。

【0023】

次に、記憶部10に格納されている内容について詳細に説明する。

まず、計算機シミュレーションにより風速、空気密度、風力発電装置の出力に様々な値を設定し、種々のテストパターンにおける最適なピッチ角度を求める。

例えば、1つのテストパターンとして、風速A (m/s)、空気密度B (g/m^3)、発電出力C (kW) と設定し、この条件下においてピッチ角度を変動させたときの変動荷重のデータを採取する。

そして、データ結果を検討し、最も小さい出力変動が得られたときのピッチ角度を採択し、この最適なピッチ角度とアジマス角度とを対応させた特性テーブルを作成する。

そして、このような作業を上記各パラメータの値を変えながら繰り返し行うことにより、様々な環境下における特性テーブルを作成する。そして、これらの特性テーブルをテストパターンの設定値、即ち、風速、空気密度、発電出力等と対応付けて記憶部10に書き込む。

これにより、パラメータを決定することにより、その環境下に最も適したピッチ角度を得ることができる。

【0024】

なお、このシミュレーションを行う際に、予め固定値としてウインドシア特性やタワーシャドウ特性（図12（a）（b）参照）を設定することにより、より最適なピッチ角度を得ることができる。

即ち、上述した風速等のパラメータは、その時々に応じて動的に変化するものであるが、ウインドシア特性やタワーシャドウ特性は、当該風車が設置されている場所や、風車の構造により一様に決まるものである。そして、これらの特性を考慮した上で、シミュレー

ションを行うことにより、当該風車に特化した最適なピッチ角度を得ることができ、より高精度なブレードピッチ角度の制御を行うことが可能となる。

【0025】

次に、上記特性テーブルが具体的にはどのようなものなのかを例を挙げて説明する。

まず、定常風（時間的、平面的に一様な風速）下における特性テーブルを図4に示す。同図に示すように特性テーブルは、横軸にアジマス角度（deg）、縦軸にピッチ角度（deg）を取ったものであり、アジマス角度 0° において最大ピッチ角度（例えば、 2° ）をとり、アジマス角度 180° において最小値ピッチ角度（例えば、 -2° ）をとる余弦波（Cosine wave）となる。なお、同図における角度は、相対値を意味する。

これは、ブレードが受ける風速が最も大きくなるアジマス角度 0° においては、空力性能が低下するようにピッチ角度を大きくする必要があり、ブレードが受ける風速が最も小さくなるアジマス角度 180° の位置においては、空気性能が向上するようにピッチ角度を小さくする必要があるからである。

そして、上述したシミュレーションによって得られる各環境下における特性テーブルも、図4に示した特性テーブルと基本形をほぼ同じにし、振幅や位相が異なるものとなっている。

【0026】

例えば、空気密度、風力発電装置の発電出力を固定値にして、風速のみを変動させた場合、風速が上昇すればするほど、ブレードの荷重変動の影響が大きくなる（荷重は風速の2乗に比例する）。

従って、風速を変動させた場合には、風速が大きいほど、図4に示した余弦波の振幅が大きくなる。

一方、風速が所定の値よりも小さい場合には、風速はブレードの荷重変動にそれほど影響を及ぼさない。従って、所定の風速までは、図4に示した特性テーブルになる。

【0027】

次に、風車のブレードは、ブレードがタワーにおつからないようにクリアランスを確保するため、元来チルト角（一般的には 5° 程度）という上向き角をもっている。そして、このチルト角の影響により、通常、風車に流入する風は吹き上げ風となる。

風速が低い状況では、上述した風速自体の影響は小さいため考慮しなくても良いが、風速が上昇するとこのチルト角の影響も大きくなる。そして、このチルト角による風の影響を打ち消すためのピッチ角度補正值は、図5に示すような特性を示す。

図5において、線Aは図4に示した波形であり、線Bはチルト角による影響を打ち消すための補正值の波形であり、線Cは線Bの補正值を線Aの波形に加えたものである。

従って、シミュレーションにおいて、風速を上昇させた場合に得られる特性テーブルは、上記チルト角による吹き上げ風を考慮に入れたものとなり、図4に示した特性とは、振幅のみならず、位相も異なったものとなる。

【0028】

更に、風向きもブレードの荷重変動に影響を及ぼすこととなる。

即ち、風車位置から風上側を向いたときに左側から風が吹き込む場合には、アジマス角度 0° において受ける風の影響は増加し、アジマス角度 180° において受ける風の影響は低減する。

従って、この風向きの偏差による影響を打ち消すためのピッチ角度補正值は図6に示すような特性を示す。

図6において、線Aは図4に示した波形であり、線Bは風向き偏差による影響を打ち消すための補正值の波形であり、線Cは線Bの補正值を線Aの波形に加えたものである。

従って、シミュレーションにおいて、風向きを変えたときに得られる特性テーブルは、図4に示した特性の振幅を上下させたものとなる。

【0029】

次に、風速、風力発電装置の発電出力を固定値にして、空気密度のみを変動させた場合、空気密度が大きいほど、ブレードの荷重変動の影響が大きくなる。従って、シミュレー

ションにおいて、空気密度を変動させた場合には、空気密度が大きいほど図 4 に示した特性の振幅が大きい特性テーブルが得られる。図 7 に、空気密度を変数とした場合の特性テーブルを示す。図 7 において、線 A は空気密度が大きい場合、線 B は空気密度が小さい場合の特性を示している。

【0030】

次に、風速、空気密度を固定値にして、風力発電装置の出力のみを変動させた場合、出力が設定値（要求出力）よりも大きい場合には、ブレードには要求出力にて運転している場合に比べ大きな空気力が働き、さらには大きな変動空気力荷重が働く。従って、出力が要求出力よりも大きい場合には、図 4 に示した特性の振幅が大きい特性テーブルが得られる。図 8 に、風力発電装置の出力を変数とした場合の特性テーブルを示す。図 8 において、線 A は出力が大きい場合、線 B は出力が小さい場合の特性を示している。

【0031】

次に、上述した本実施形態に係るブレードピッチ角度制御装置の動作について説明する。

まず、アジマス角度検出部 11 からアジマス角度が、パラメータ検出部 12 から風速、空気密度、出力が入力されると、指令値取得部 13 は、入力された風速、空気密度、出力によって選定される特性テーブルを記憶部 10 から取得する。

次に、取得した該特性テーブルにおいて、アジマス角度検出部 11 から入力された各ブレードのアジマス角度に該当するピッチ角度指令値を取得する。

これにより、第 1、第 2、第 3 ブレードにそれぞれ対応するピッチ角度指令値を得ることができる。

そして、指令値取得部 13 は、このようにして取得したピッチ角度指令値をピッチ角度制御指令値生成部 14 へ出力する。

ピッチ角度制御指令値生成部 14 には、指令値取得部 13 からピッチ角度指令値と、共通ピッチ角度指令値生成部 15 から入力される風力発電装置の発電出力に基づく共通ピッチ角度指令値とを加算することにより、各ブレードに個別に対応するピッチ角度制御指令値を生成し、これらのピッチ角度制御指令値を各ブレードに対応して設けられているアクチュエータへ出力する。

これにより、各ブレードのピッチ角度がその時々、の風力発電装置の運転状況に最も適した角度に制御される。

【0032】

なお、パラメータ検出部 12 から入力されたパラメータ値に完全に一致する特性テーブルが記憶部 10 に格納されていなかった場合には、それらのパラメータ値に最も近似する特性テーブルを選定するようにしても良い。又は、近似する特性テーブルを複数読み出し、これらの特性を補間することにより、ピッチ角度指令値を求めるようにしても良い。

【0033】

<第 2 の実施形態>

次に、可変速風車を用いた風力発電装置に適用されるブレードピッチ角度制御装置について説明する。

可変速風車を用いた場合には、風力発電装置の出力に応じてロータ回転数を制御する。一方、各ブレードの荷重変動は、回転速度（回転数）を変動させることによっても変化する。従って、可変速風車を用いる場合には、上記パラメータとしてロータ回転数も考慮する必要がある。具体的には、図 1 に示したブレードピッチ角度制御装置の構成において、指令値取得部 13 に入力されるパラメータとしてロータ回転数が追加され、記憶部 10 には、ロータ回転数をも考慮した特性テーブルが格納されている。

そして、指令値取得部 13 は、入力された風速、空気密度、発電出力、ロータ回転数によって選定される特性テーブルを記憶部 10 から取得し、取得した該特性テーブルにおいて、アジマス角度検出部 11 から入力された各ブレードのアジマス角度に該当するピッチ角度指令値を取得する。そして、これらのピッチ角度指令値をそれぞれピッチ角度制御指令値生成部 14 へ出力し、これ以降の処理については第 1 の実施形態において述べた動作

と同様の動作が行われる。

【0034】

<第3の実施形態>

上述した第1又は第2の実施形態によるブレードピッチ角度制御装置によって、ブレードに生ずる荷重変動を極めて小さくすることができるが、少なからず出力変動が生じてしまう。

一方、出力変動は、ブレードの枚数に応じた周波数帯域に顕著に現れることがわかっていて、従って、このような顕著に現れる出力変動を除去するためのピッチ角度を求め、これをブレードピッチ角度制御指令値に反映させることにより、更なる出力変動の低減化を図ることができる。

そこで、本実施形態では、以下のような機能を持つ出力変動除去装置を図1に示したブレードピッチ角度制御装置に追加する。

【0035】

図9に、固定速風車を用いる場合に適用される出力変動除去装置の構成を示す。

図9において、符号21は周波数解析部（周波数成分抽出手段）であり、風力発電装置の出力からブレードの枚数の整数倍に相当する周波数成分を抽出する。例えば、ブレードを3枚有する風車を使用している場合には、 $3N$ 成分（ N =整数）を抽出する。

符号22は、制御アルゴリズム（演算手段）であり、周波数解析部21によって抽出された周波数成分と、図1に示したアジマス角度検出部11によって検出されたアジマス角度とを入力情報として得、これらの情報を所定のアルゴリズムに基づいて演算することにより、周波数領域の変動ピッチ角度 $\Delta\theta(\omega)$ を演算する。

符号23は、逆周波数解析部（演算手段）であり、制御アルゴリズム22によって演算された変動ピッチ角度 $\Delta\theta(\omega)$ を逆周波数解析して時間領域の変動ピッチ角度 $\Delta\theta(t)$ を演算する。

符号24は、演算部24であり、逆周波数解析部23によって演算された時間領域の変動ピッチ角度 $\Delta\theta(t)$ と、共通ピッチ角度指令値生成部15（図1参照）から出力された共通ピッチ角度指令値とを加算することにより、共通ピッチ角度指令値を微調整し、ピッチ角度制御指令値生成部14（図1参照）へ出力する。

このように、周波数解析部21によって、風力発電装置の出力から各ブレードの荷重変動に顕著な影響を及ぼす周波数成分が抽出され、その周波数成分を除去するようなピッチ角度が制御アルゴリズム22及び逆周波数解析部23によって求められ、演算部24が、逆周波数解析部23から出力された変動ピッチ角度を共通ピッチ角度指令値に反映させる。

これにより、顕著な出力変動のみをピンポイントで除去することができ、発電出力をフラットに維持することができる。

【0036】

なお、可変速風車を用いる場合には、図9に示した出力変動除去装置において、入力信号としてロータ回転数が入力される。即ち、可変速風車においてはロータ回転数により出力を制御するため、出力が変わってロータ回転数の周波数解析をすることにより、変動ピッチ角度 $\Delta\theta(t)$ を求める。これにより、可変速風車の場合においても、より高精度なブレードピッチ角度の制御を行うことができる。

【0037】

以上、本発明の実施形態について図面を参照して詳述してきたが、具体的な構成はこの実施形態に限られるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲の設計変更等も含まれる。

例えば、各種パラメータは、上述した風速、空気密度、風力発電装置の出力、ロータ速度（回転数）に限られることなく、風力発電を行う上で出力等に影響を及ぼすパラメータであればどのようなものも含まれる。

また、これらのパラメータの内、すべてのパラメータの変動を考慮に入れたピッチ角度を使用するようにしても良いし、これらのパラメータの一部（例えば、風速のみ）を考慮

に入れたピッチ角度の制御を行うようにしても良い。

また、パラメータは、同期して検出されるものに限らず、例えば、風速とアジマス角度は所定間隔で検出し、時間的变化の少ない空気密度などは風速やアジマス角度に比べて長い時間間隔で検出するようにしても良い。

【図面の簡単な説明】

【0038】

【図1】固定速風車を用いる風力発電装置に適用されるブレードピッチ角度制御装置の構成を示すブロック図である。

【図2】アジマス角度を説明するための図である。

【図3】風速と風力発電装置の出力とが関連付けられている特性テーブルの一例を示す図である。

【図4】定常風（時間的、平面的に一樣な風速）下における特性テーブルの一例を示す図である。

【図5】風速を変えた場合において、チルト角による風の影響を打ち消すためのピッチ角度補正值及び該補正值が反映された特性テーブルの一例を示す図である。

【図6】風速を変えた場合において、風向きの偏差による影響を打ち消すためのピッチ角度補正值および該補正值が反映された特性テーブルの一例を示す図である。

【図7】空気密度を変数とした場合の特性テーブルの一例を示す図である。

【図8】風力発電装置の出力を変数とした場合の特性テーブルの一例を示す図である。

【図9】固定速風車を用いる場合に適用される出力変動除去装置の構成を示す図である。

【図10】風車の外観図である。

【図11】従来の技術によるブレードピッチ角度制御装置の構成を示すブロック図である。

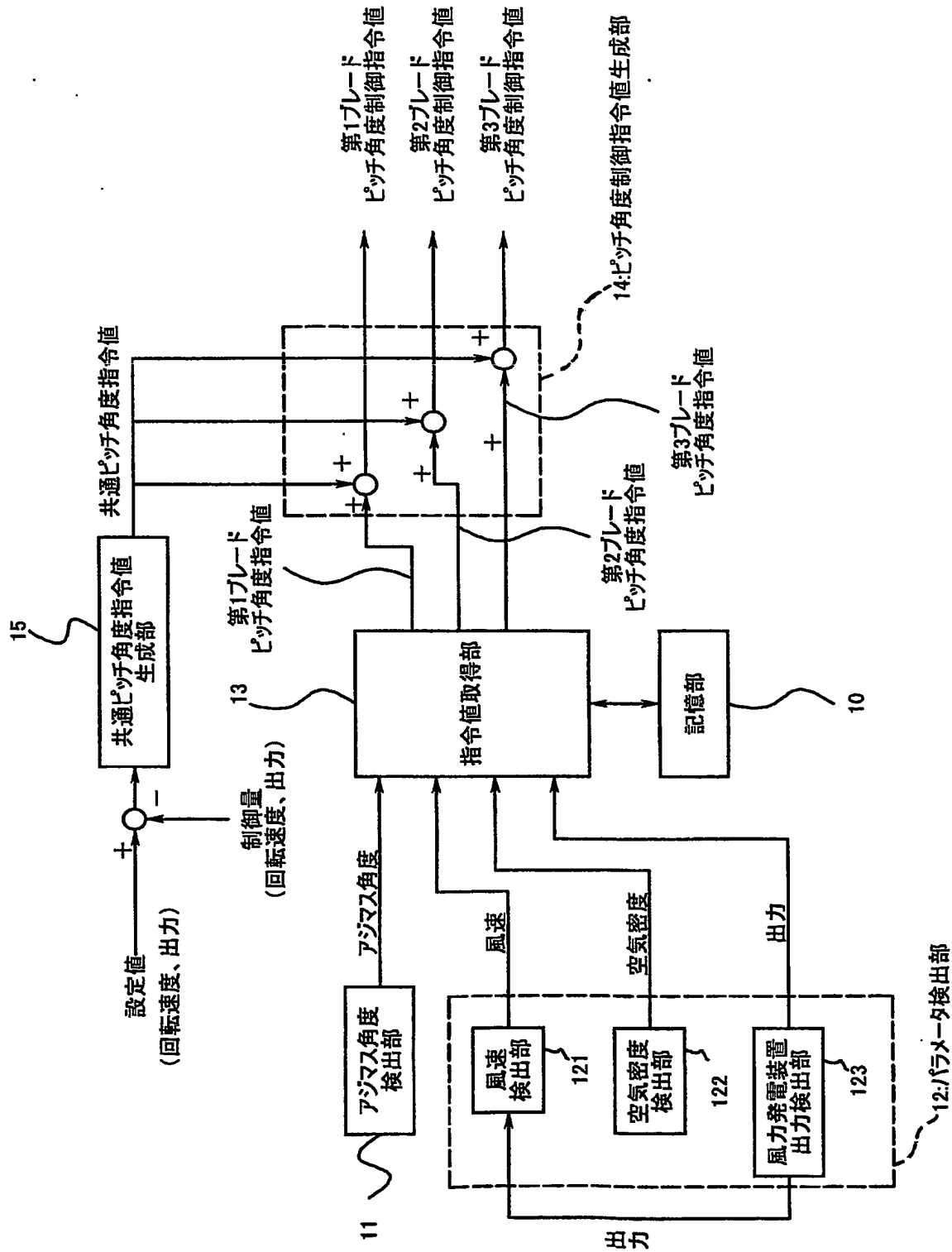
【図12】ウィンドシア特性、タワーシャドウ特性、及び風速分布を説明するための図である。

【符号の説明】

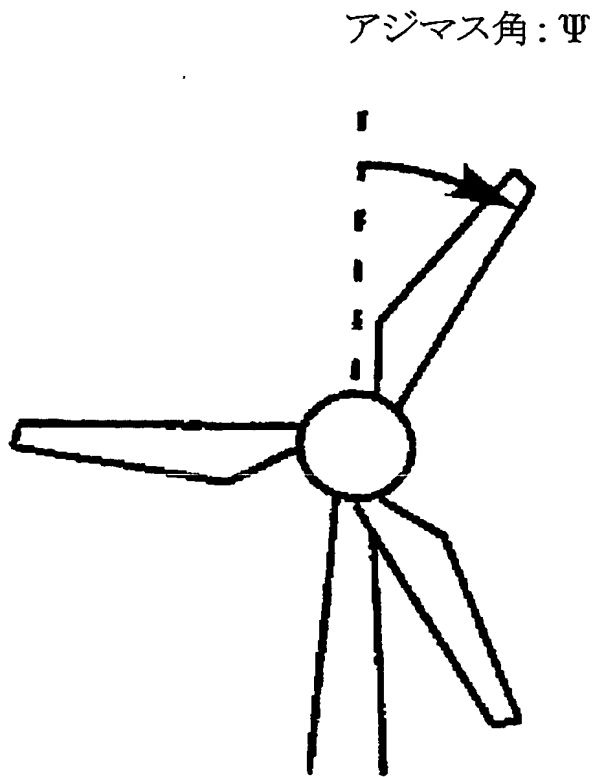
【0039】

- 1 第1ブレード
- 2 第2ブレード
- 3 第3ブレード
- 4 タワー
- 10 記憶部（記憶手段）
- 11 アジマス角度検出部（アジマス角度検出手段）
- 12 パラメータ検出部（パラメータ検出手段）
- 13 指令値取得部（指令値取得手段）
- 14 ピッチ角度制御指令値生成部（ピッチ角度制御指令値生成手段）
- 15 共通ピッチ角度指令値生成部（共通ピッチ角度指令値生成手段）
- 121 風速検出部（風速検出手段）
- 122 空気密度検出部
- 123 風力発電装置出力検出部
- 21 周波数解析部（周波数成分抽出手段）
- 22 制御アルゴリズム（演算手段）
- 23 逆周波数解析部（演算手段）
- 24 演算部

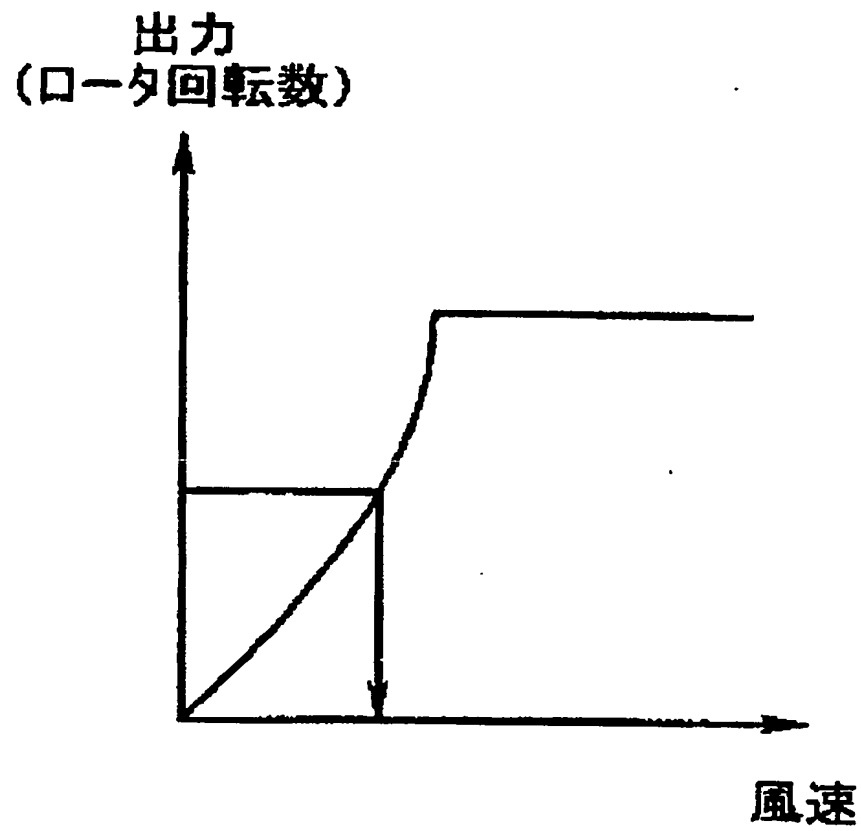
【書類名】 図面
【図1】.



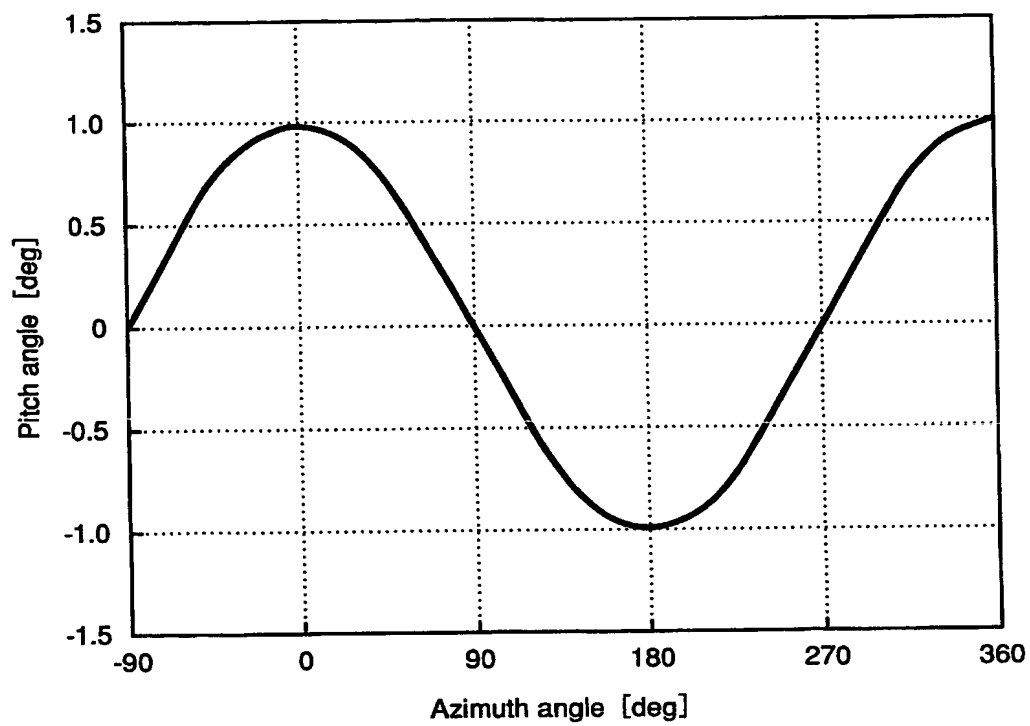
【図 2】



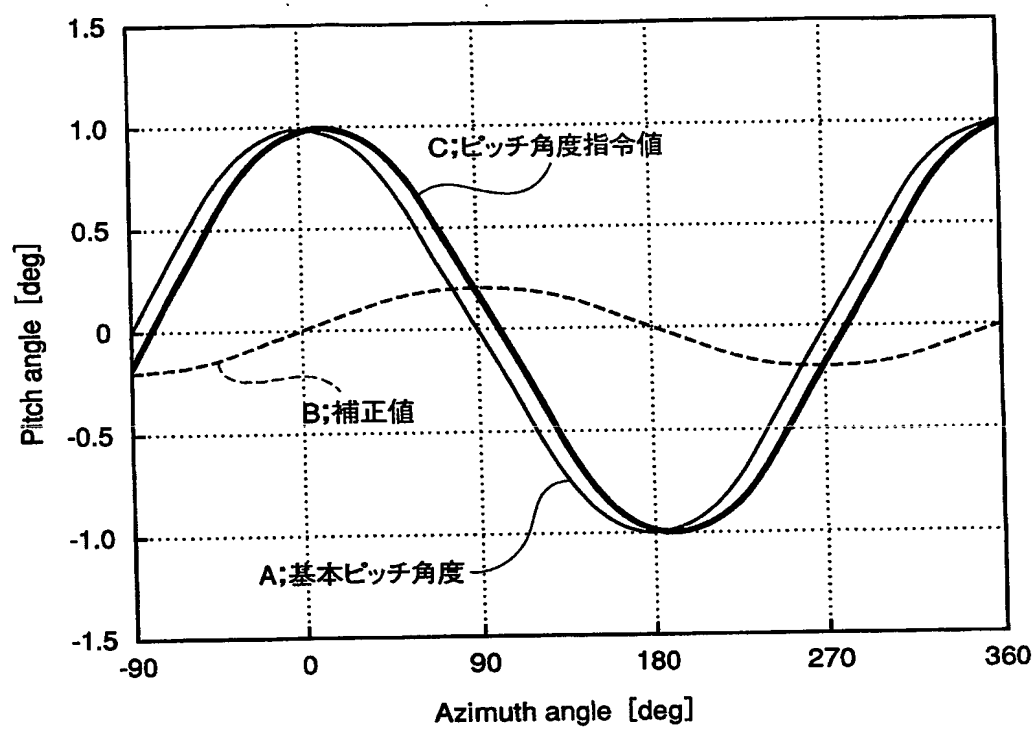
【図 3】



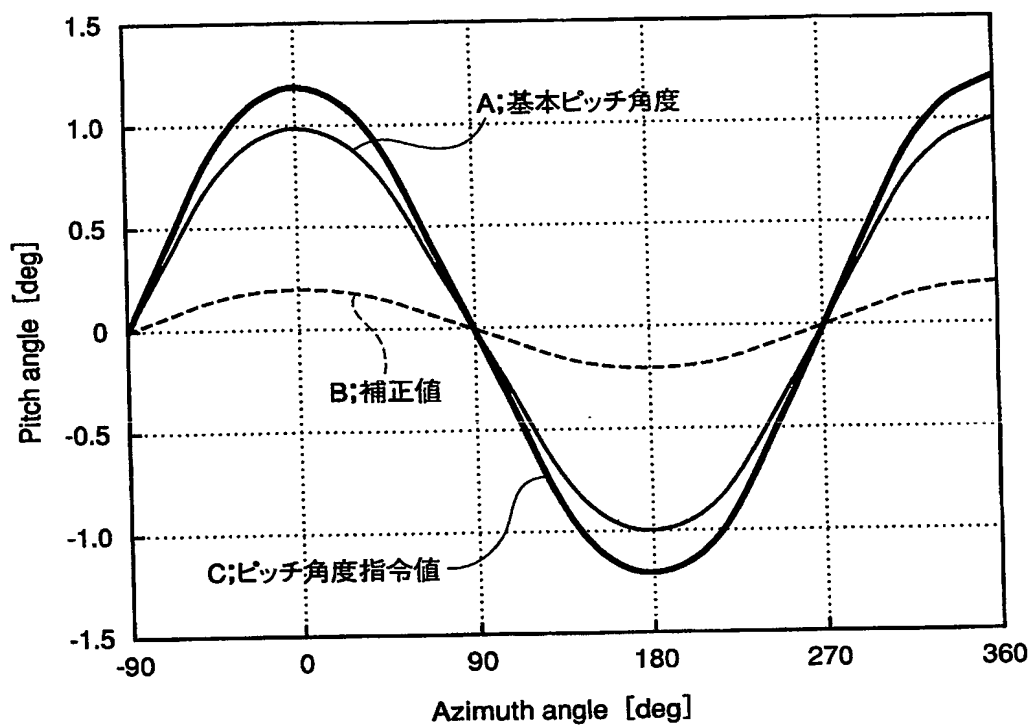
【図 4】



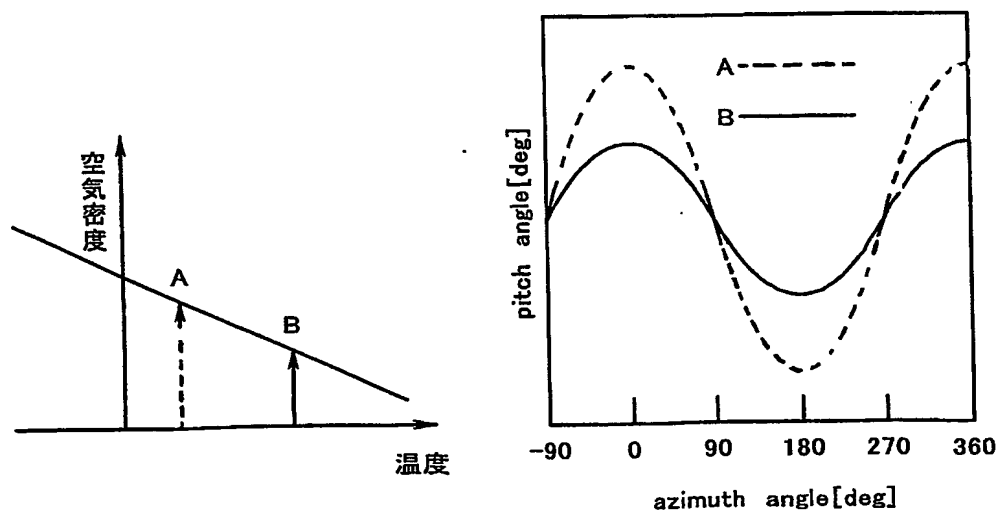
【図 5】



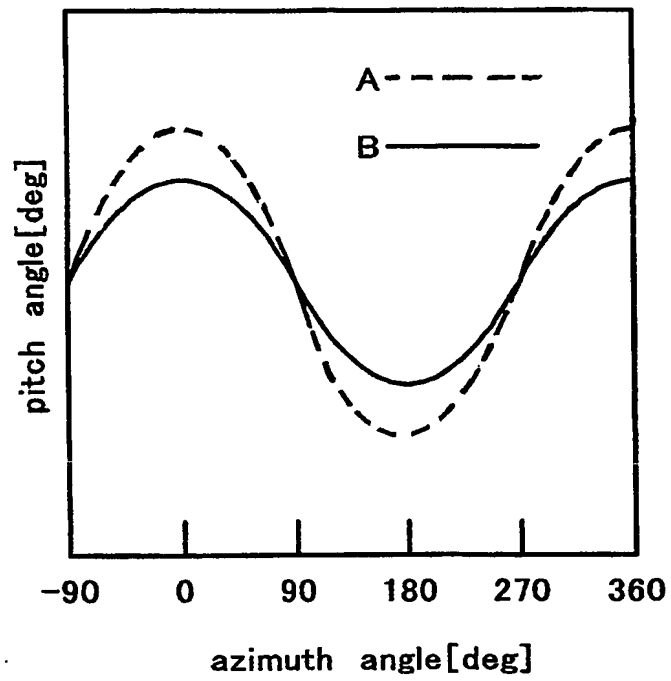
【図 6】



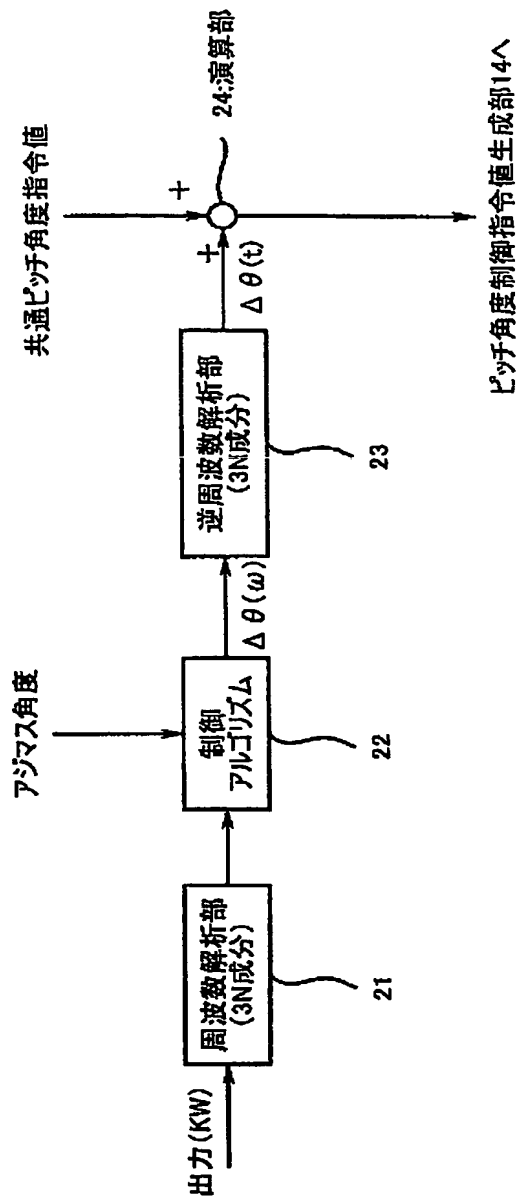
【図 7】



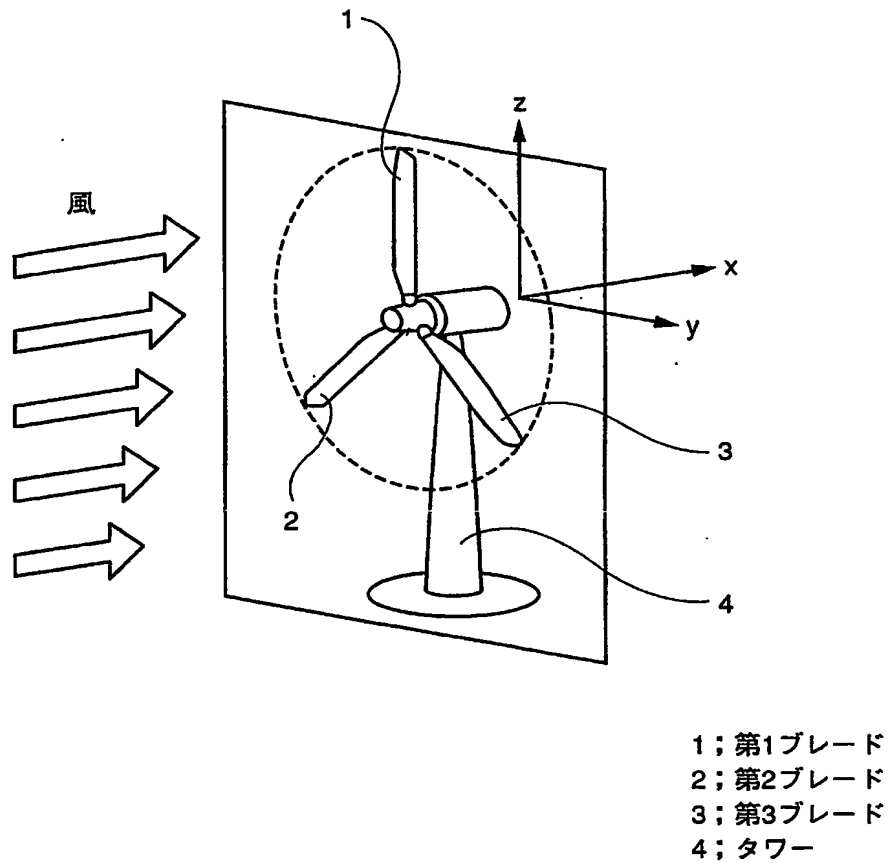
【図 8】



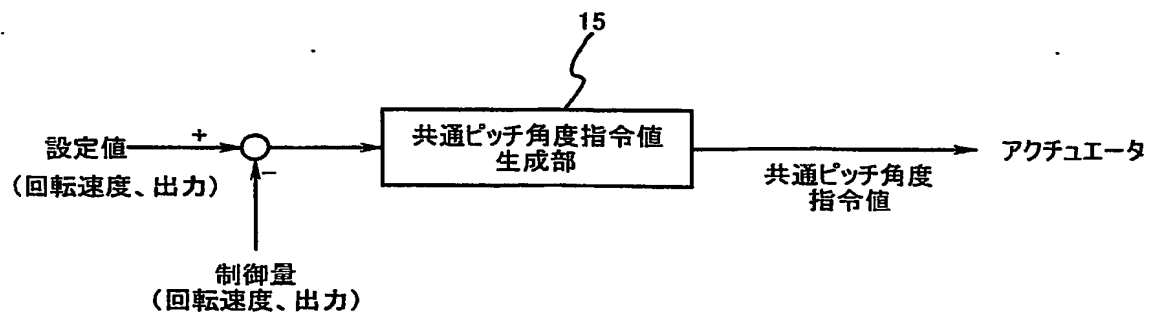
【図 9】



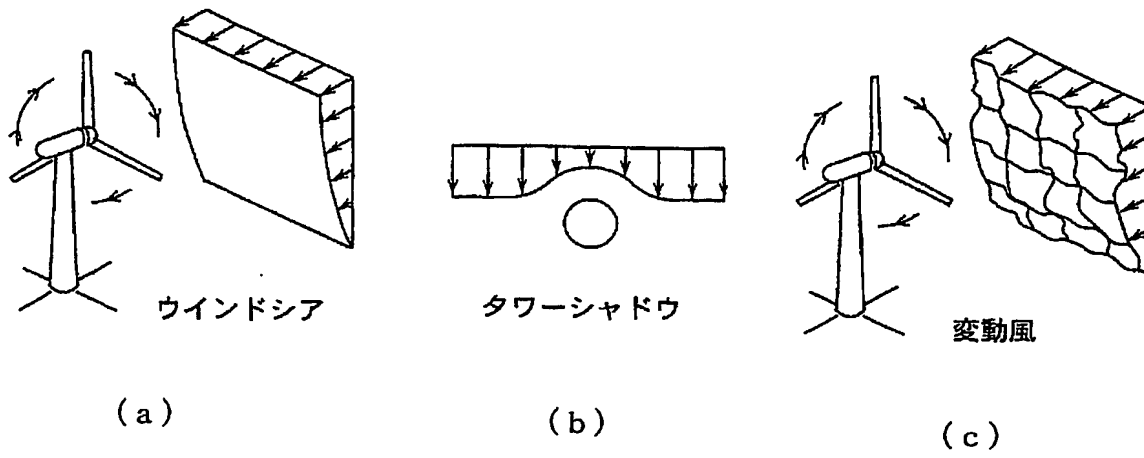
【図 10】



【図 11】



【図 12】



【書類名】 要約書**【要約】**

【課題】 ピッチ角度の制御を高精度で行うことができ、風力発電装置に生ずる荷重変動の更なる低減を低コストにより実現する。

【解決手段】 ブレードの荷重変動に影響を及ぼす所定のパラメータ、アジマス角度、及びピッチ角度指令値が互いに関連付けられて格納されている記憶部 10 と、ブレード毎のアジマス角度を検出するアジマス角度検出部 11 と、所定のパラメータを検出するパラメータ検出部 12 と、アジマス角度検出部 11 によって検出されたブレード毎のアジマス角度とパラメータ検出部 12 によって検出された所定のパラメータとによって選定されるピッチ角度指令値をブレード毎にそれぞれ記憶部 10 から取得する指令値取得部 13 と、ピッチ角度指令値と共通ピッチ角度指令値とに基づいて、ブレードのピッチ角度を個別に制御するためのピッチ角度制御指令値を生成するピッチ角度制御指令値生成部 14 とを有する。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 3 - 3 1 8 3 1 2

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 6 2 0 8]

1. 変更年月日	2 0 0 3 年 5 月 6 日
[変更理由]	住所変更
住 所	東京都港区港南二丁目 1 6 番 5 号
氏 名	三菱重工業株式会社

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.